

## **1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS**

### ***1.1 Generalidades***

La obra de control y excedencia es una parte intrínseca de una presa, ya sea que esta sea de almacenamiento o derivación, y cuya función es la de permitir la salida de los volúmenes de agua excedentes en el vaso de la presa, ya sea en forma controlada con compuertas o con descarga libre concebidas como una verdadera "válvula de seguridad" de la presa.

En general, el ingeniero civil proyectista debe ser sumamente cauteloso al evaluar la seguridad de una obra de excedencias debido a que por una operación defectuosa o por la presencia de una avenida mayor a la de diseño de la obra el nivel del agua puede rebasar la elevación de la corona de la cortina y puede haber graves consecuencias tanto para ésta como para la vida y bienes materiales localizados aguas abajo de la misma; cuando la cortina esta hecha de tierra o de materiales graduados, en cambio para una de concreto las consecuencias de las condiciones mencionadas pueden ser menores, pero no menos importantes.

Por ello es que, precedente a la construcción de la Obra de Excedencias se realiza una minuciosa investigación para determinar el sitio más deseable, técnicamente y económicamente, ella debe incluir reconocimientos superficiales, mapas topográficos, estudios geológicos y del subsuelo. Además de contemplar pruebas que deben hacerse a los materiales de la cimentación y su extensión depende de la magnitud del proyecto y de las condiciones en que se encuentre el subsuelo.

Las investigaciones preliminares usualmente requieren:

- 1) Un estudio no muy preciso de la superficie del sitio con el mapa topográfico resultante del sitio

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

- 2) Algunas perforaciones (de 6 a 50 m de profundidad) acorde con la magnitud del proyecto y las características de la cimentación.
- 3) Un reporte de una investigación geológica preliminar.
- 4) Investigación de los materiales de construcción disponibles, tales como tierra y grava así como los agregados del concreto.
- 5) Un estudio hidrológico.
- 6) Revisión de niveles máximos de agua y su uso en la determinación de los requerimientos para la capacidad de la obra de excedencias.

El objetivo de las investigaciones preliminares es la obtención únicamente de suficientes datos que permitan estudios de gabinete, dentro de los cuales se encuentra la estimación de costos para determinar el costo total de la estructura que forma la Obra de Excedencias y buscar el más económico.

Otro aspecto importante que se debe considerar en el diseño de la obra de excedencias es la frecuencia con que funcione, es decir el número de veces por año que vaya a trabajar.

En general, se puede afirmar que el incremento en costo de una obra de este tipo no es directamente proporcional al incremento de su capacidad de descarga, por lo que con frecuencia el costo de una capacidad grande será solo moderadamente mayor a la de otra con una capacidad reducida, esto puede ser la razón para proyectar obras con descarga amplia.

Para entender el comportamiento del terreno, el ingeniero civil debe conocer los procesos geológicos básicos, y estudiar las rocas y los suelos que provienen de las mismas, especialmente analizando las propiedades asociadas a su comportamiento bajo presión mecánica y ante las fuerzas químicas que actúan en la superficie terrestre.

Las rocas principalmente están formadas por diversas clases de minerales. En general, aproximadamente el 95% de una roca lo constituyen tres o cuatro minerales y el 5% restante puede contener hasta 20.

En especial, algunos minerales, lo que son ricos en hierro, magnesio y carbonatos se desintegran con la mayor rapidez cuando están expuestos a la atmósfera y al agua, y su desintegración reduce la resistencia de ella.

Los minerales tienen una estructura interna definida y el arreglo tiene un efecto importante sobre la resistencia mecánica de los minerales de las rocas.

Tres procesos distintos intervienen en la formación de rocas y por ello su origen es de tipo ígneo, sedimentario y metamórfico.

### ***1.2 Tipos de roca***

#### ***1.2.1 Suelos***

Muchas de las características de los suelos superficiales están estrechamente relacionadas con el tipo de la roca de la que provienen.

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

La mayor parte de los suelos son acumulaciones heterogéneas de granos minerales que no están cementados. Las propiedades físicas de los suelos, como el peso específico, permeabilidad, resistencia al corte, compresibilidad y su comportamiento con el agua son de gran importancia.

La masa de suelo consta de partículas sólidas y fluidos que llenan sus poros, las primeras generalmente, son granos minerales de varios tamaños y formas, dispuestos en todos los órdenes concebibles.

Las propiedades físicas de las rocas son afectadas por las propiedades de los minerales que las constituyen, el arreglo de los minerales entre si, el tamaño de grano, etc, y ellas son menos variables en las rocas ígneas, excluyendo los efectos de fracturación. En general, las rocas mas fuertes son mas densas, y las menos resistentes son las porosas.

### ***1.2.2 Rocas ígneas***

Generalmente, a las rocas ígneas se les llama primarias. Son rocas que se han solidificado de una masa fundida llamada magma, dentro de la tierra o de lava cuando han sido expulsadas sobre la superficie de la tierra. La variación de sus características en este tipo de roca es debido a las diferencias en la composición química de la masa fundida original y las condiciones físicas bajo las cuales se solidifico.

Las rocas ígneas intrusivas incluyen las corrientes de lava y deyecciones volcánicas y son el resultado de la solidificación de la lava que ha salido por las fisuras de la corteza terrestre, o que ha sido vertida, la cual es la forma más común en que se presentan las rocas ígneas extrusivas. Algunos ejemplos de rocas ígneas son:

Granito. Estas rocas son consideradas firmes para soportar grandes presiones y son, generalmente, impermeables, aunque debe ser sujeto a investigaciones por fisuras, desintegración y particularmente por el contenido de arcilla. La temperatura es un factor que puede ocasionar su fracturación.

Gabros, andesitas, dolorita y basalto. Estas rocas son consideradas firmes para soportar estructuras ordinarias y otras estructuras como bordos pequeños, pero no lo son para soportar grandes almacenamientos de agua.

Rocas porfiríticas, lavas, traquitas, andesitas y basaltos. Aunque pueden ser sanas por si mismas, se encuentran siempre más o menos fisuradas y requieren de una inyección de cemento para evitar filtraciones a través de ellas, mediante este procedimiento son aptas para la construcción de cortinas.

### ***1.2.3 Rocas metamórficas***

Las rocas metamórficas son las que se forman de rocas ígneas o sedimentarias preexistentes, como resultado de un ajuste forzoso de estas rocas a medios diferentes de aquellos en que originalmente se formaron. Este ajuste puede consistir en la formación dentro de la roca de nuevas estructuras, texturas, minerales, o una combinación de todos ellos.

La temperatura, la presión y los líquidos y gases químicamente activos son los principales factores involucrados en el metamorfismo.

En ocasiones, es incierto el comportamiento de este tipo de rocas, pero, por ejemplo, muchas cortinas han sido construidas sobre ellas de forma satisfactoria, sin embargo, la inyección de

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

cemento en la cimentación es esencial. El tipo de cortina construida sobre rocas metamórficas puede ser de gravedad, contrafuertes o enrocamiento.

En muchos casos la roca puede ser cubierta con depósitos de corrientes y material aluvial, los cuales si son excesivos pueden causar que se deseche el proyecto.

Ejemplos de tipo de roca metamórfica son:

Gneis y esquisto de mica. Este tipo de roca y las relacionadas con ellas tienen un comportamiento satisfactorio para soportar grandes presiones de agua. Sin embargo, pueden facilitar el deslizamiento, particularmente el esquisto de mica es menos favorable por la presencia de la mica.

El mármol. Es una roca maciza compuesta de carbonato de calcio y magnesio, y que contiene, esencialmente, los mismos minerales que las rocas calizas sedimentarias de las que proviene, es muy pesado y exhibe una amplia variedad de colores según las impurezas que lo acompañan. Para fines constructivos se usa como revestimiento de paramentos de concreto y para muros y pisos en interiores.

La cuarcita. Derivada de la arenisca por recristalización o cementación por cuarzo. El material cementante es tan duro como los granos de arena, y por lo tanto, las superficies de fractura son lisas.

### ***1.2.4 Rocas sedimentarias***

También son conocidas como estratificadas, siendo de origen secundario. Están formadas por masas en forma de sedimentos que se han endurecido por cementación, compactación o recristalización incipiente. El material inorgánico que entra en la composición de la mayor parte de este tipo de rocas proviene de la desintegración y descomposición de las ígneas y metamórficas. Este material es acarreado de su posición original por el agua, el viento o glaciares, en forma de partículas sólidas o de sales disueltas.

Entre las rocas sedimentarias se encuentran:

Limo y arcilla. Los suelos que contienen grandes cantidades de limo y arcilla manifiestan cambios marcados en sus propiedades físicas con la variación de la proporción del agua. Una arcilla seca y dura, puede ser un material bueno para la cimentación para cargas pesadas, pero puede volverse un lodazal si se moja. La arcilla es un fino plástico, son casi impermeables, difíciles de compactar cuando están mojadas, sufre de grandes contracciones con los cambios de humedad.

Los limos difieren de las arcillas en muchos aspectos, pero debido a lo semejante de su apariencia, con frecuencia se han confundido. Los limos son finos que no son plásticos. Son inherentemente inestables en la presencia de agua y tienden la tendencia a licuarse cuando se saturan. Son bastante impermeables y difíciles de compactar y su tendencia es a hincharse cuando se congelan y cambian de volumen al cambiar de forma, caso contrario a lo que ocurre en las arcillas.

Grava y arena. Tienen esencialmente las mismas propiedades técnicas que difieren solamente en grado. Las gravas bien graduadas compactadas o las arenas son materiales estables. Los suelos de granos gruesos desprovistos de finos son permeables, fáciles de compactar, les afecta poco la humedad y no sufren por efecto de las heladas. Las gravas son más permeables, más estables, y les afecta menos el agua que a las arenas, cuando contienen la misma cantidad de finos.

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

### ***1.2.5 Densidad relativa de las rocas***

Esta propiedad varía desde 2.6 en las rocas con abundante sílice y que, por lo tanto, contienen cuarzo y feldspatos como minerales primarios, hasta 3.4 en las rocas básicas y ultrabásicas que contienen menos sílice pero más magnesio y hierro. Las rocas con intersticios, resultado de los procesos en que se formó originalmente o de su desgaste posterior en la superficie, tienen una densidad relativa menor. Estos intersticios hacen que la roca sea mecánicamente débil, de modo que la densidad relativa de una roca y la comparación con el valor esperado para una muestra del mismo tipo, pero no intemperizada, indica la resistencia de la misma.

### ***1.3 Estructura geológica***

El término estructura geológica se emplea para describir las masas rocosas considerando las tres dimensiones. La corteza terrestre está constituida por una gran diversidad de estructuras geológicas y la principal está compuesta por un conjunto de otras pequeñas, también, pueden tener límites bien definidos entre sí o pueden pasar gradualmente de un tipo a otro. La unidad estructural fundamental de las rocas sedimentarias se denomina **capa o estrato**, aunque a veces se utiliza para cualquier tipo de roca con estructura en forma de estratificación. Un grupo de tales capas se llaman **formación**, y a menudo está compuesto de distintos tipos de roca.

Después de millones de años de sedimentación el movimiento ascendente del lecho oceánico eleva las rocas, este movimiento provoca que las formaciones de roca sobresalgan del plano horizontal, como las estructuras en forma de domo. Entonces, se dice que las capas **buzan**, es decir, tienen **echado o inclinación** hacia abajo de la horizontal.

El **buzamiento** de un plano corresponde al ángulo que forma una de sus rectas de máxima pendiente con respecto a un plano horizontal. El buzamiento de un plano se expresa mediante un valor angular en grados (el valor solo puede variar entre 0° y 90°) los planos cuyo buzamiento son 0° son horizontales, (poseen infinitos rumbos), y los planos cuyo buzamiento son 90° son verticales (carecen de sentido de buzamiento). Este valor debe ir acompañado de uno de los puntos cardinales que corresponderá al sentido en el cual el plano buza o baja. El **rumbo** de un plano, viene definido por la orientación geográfica de la línea que se obtiene al intersectar el plano geológico con un plano horizontal cualquiera. La línea de rumbo de un plano se caracteriza por estar contenida en el plano y ser horizontal, y por ende carece de declive y sólo posee dirección. Se refieren todos los rumbos única y exclusivamente con respecto al Norte geográfico.

El objeto de medir el echado es obtener información total sobre la posición tridimensional de las formaciones rocosas que se encuentran bajo la superficie así como aquellas partes de las mismas que son visibles.

La compresión de la corteza terrestre provoca que las capas se plieguen formando estructuras denominadas **anticlinales y sinclinales**.

Los estratos en la zona de compresión se pliegan en forma de estructuras corrugadas. Los plegamientos son provocados por esfuerzos que van de ligeros hasta muy fuertes. Cuando las formaciones de roca se someten a esfuerzos superiores al límite elástico se rompen, a este proceso se le llama **fallamiento**. Cuando las rocas se pliegan por compresión o cuando se estiran por tensión pueden soportar una cantidad de distorsión pero finalmente se rompen. Las grietas de las rocas se llaman **fallas**. Las fallas tienen estrechos vínculos con las fracturas, y con frecuencia, son paralelas.

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

Cualquier discontinuidad de origen secundario en la masa de una roca puede definirse como **fractura**, independientemente de su orden de dimensiones.

En una falla ha habido rompimiento y desplazamiento, mientras que en una fractura no ha habido movimiento a través del plano de discontinuidad.

### ***1.4 Condiciones geológicas y cimentación***

La obra de excedencias debe ser construida en cualquier tipo de cimentación que sea capaz de sostener las cargas sin sufrir deformaciones. Sin embargo, puede suceder que al permitir el paso de grandes flujos de agua sufra una excesiva erosión, por lo que la cimentación debe ser protegida por una capa de concreto.

Pocos datos son los disponibles en cuanto a la erosionabilidad de la tierra y las rocas. Las arenas sin cementar y las gravas son, por supuesto, las más susceptibles a erosionarse. Las capas duras y las arcillas son mucho más resistentes al flujo de agua.

La exploración geológica debe ser precedida por un preparación de una mapa geológico de la zona donde ha de encontrarse la obra y de las zonas adyacentes. Lo que se hace es una exploración de subsuelo mediante barrenos o trincheras que se hacen a lo largo de la alineación de ella. Los materiales suaves deben ser identificados en la investigación geológica por lo que su retiro es obligatorio. Debe tenerse cuidado en que no existan capas planas, sistemas de fracturas o estructuras rocosas con orientación inestable que pudieran causar deslizamientos de tierra en la cimentación.

Las personas que realizan los levantamientos geológicos inician su trabajo en un mapa topográfico 1: 10 000, en donde vacían todos los datos referentes a los afloramientos, empleando símbolos para las diferentes clases de rocas. Una vez tomada la decisión sobre las variedades de roca que se deben registrar en el mapa, se hace el levantamiento general de toda la zona, se indican todos los afloramientos, se miden los rumbos y echados de las rocas estratificadas. Para su identificación se usa el símbolo  $\perp$ , que indica el rumbo y echado. El buzamiento se indica con una flecha apuntando en dirección del mismo (hacia abajo), con un valor numérico que representa el ángulo del buzamiento.

Cuando se observa con claridad el lugar donde una roca termina y otra comienza, el límite se indica en el mapa con una línea continua, en caso contrario se emplea una línea discontinua. El mismo tipo de identificación se emplea para denotar las fallas.

Los cortes en las laderas y las laderas naturales adyacentes a la Obra de Excedencias deben ser estudiados con precisión. Una ladera potencialmente inestable es más propensa a fallar después de la saturación producto de una lluvia intensa o durante la ocurrencia de un sismo.

La estabilidad de las laderas rocosas requieren de un análisis geotécnico, tomando en consideración las capas planas, juntas, fracturas, condiciones de suelo bajo la acción del agua y las condiciones físicas de la roca. En cuanto a la estabilidad de las laderas de tierra, el análisis deberá hacerse tomando en consideración las técnicas propias de la mecánica de sólidos.

Se puede obtener mucha información técnica útil de los mapas geológicos, ya que en ellos es posible identificar las unidades rocosas que quedan por abajo del desplante. Cuando se consideran la influencia del clima y del relieve, es posible hacer predicciones razonables del tipo de suelo asociado con los diferentes materiales de los cuales proviene. Las condiciones que imperan abajo

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

de la superficie puede a menudo inferirse correctamente por medio de los datos tridimensionales dados en los mapas geológicos.

En los mapas geológicos las rocas son identificadas por su edad, considerada dentro de los periodos geológicos. La unidad de roca más pequeña que figura es generalmente una formación. La extensión superficial esta indicada en los mapas por medio de letras, colores y signos convencionales.

Las combinaciones que se pueden utilizar, son, por ejemplo, las que se mencionan a continuación:

<b>Signos</b>	<b>Definición</b>
Combinación de puntos y rayas	Rocas sedimentarias
Ganchos, cruces o signos que simulan cristales	Rocas ígneas
Líneas onduladas	Rocas metamórficas
<b>Color</b>	<b>Periodo</b>
Tonos amarillos y anaranjados	Rocas del cenozoico
Tonos bermejos y rojos	Rocas del precámbrico
Azules y púrpuras	Rocas del paleozoico

***Tabla 1.1 Nomenclatura para planos geológicos***

Estudiando el mapa geológico básico, al mismo tiempo que los datos geológicos colaterales que pertenecen al área mostrada, es posible preparar un mapa especial en el que se interprete la geología en función de los materiales de construcción. De la misma forma , las condiciones de la cimentación y de las excavaciones, así como los datos superficiales y los relativos al nivel freático, pueden interpretarse del mapa geológico.

### ***1.4.1 Cimentación sobre roca sólida***

Debido a su relativamente alta resistencia a las cargas, y su resistencia a la erosión y filtración, presenta pocas restricciones. El factor decisivo será la economía que se puede obtener en los materiales o en el costo total. Con frecuencia será necesario remover la roca desintegrada y tapar grietas y fracturas con inyecciones de cemento.

### ***1.4.2 Cimentación de limo o de arena fina***

Los principales problemas que se pueden presentar son asentamientos, tubificaciones y filtración. Debe considerarse la protección contra la erosión.

### ***1.4.3 Cimentaciones de arcilla***

Requieren de un tratamiento especial. Pueden producirse grandes asentamientos si la arcilla no esta consolidada y su humedad es elevada.

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

### ***1.4.4 Cimentaciones irregulares***

Ocasionalmente, pueden ocurrir situaciones donde no es posible encontrar cimentaciones razonablemente uniformes que correspondan a alguna de las clasificaciones anteriores y que obligara a construir sobre una cimentación irregular formada por roca y materiales blandos. Estas condiciones pueden resolverse aplicando tratamientos especiales.

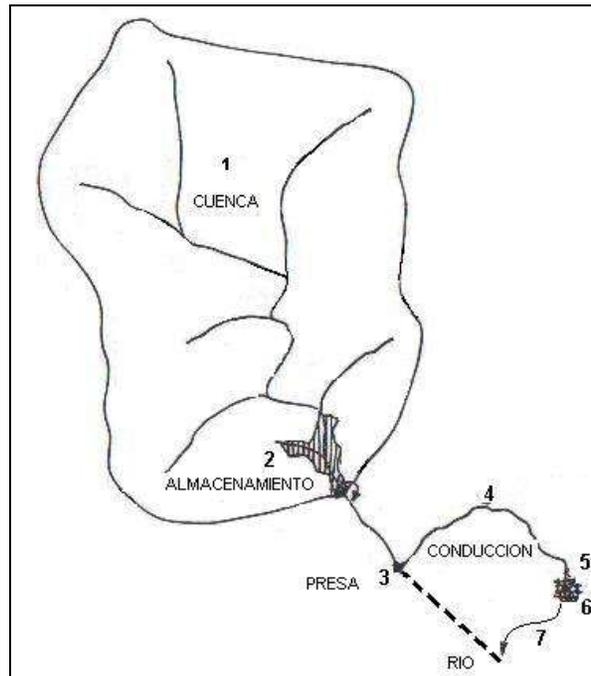
### ***1.4.5 Cimentación sobre caliza***

Puede producir depósitos de tufa calcárea, la cual puede requerir algún tratamiento a base de inyecciones de cemento debido a su debilidad. La caliza dolomita puede dar origen a grandes fisuras a la entrada de grutas y de los sitios donde se tiene planeado el proyecto, por lo que los diseños también tienen que ser modificados y adecuados a la condición mencionada

## ***1.5 Presas***

Los elementos de un aprovechamiento hidráulico son los que se describen a continuación:

- 1) Área de captación o cuenca hidrográfica de un río, definida a partir del sitio de almacenamiento
- 2) Almacenamiento, formado por una presa, en un sitio previamente escogido, que es donde se cambia el régimen natural del escurrimiento al régimen artificial de la demanda
- 3) Derivación, en donde a través de una presa, se deriva el escurrimiento del río hacia el sistema de conducción
- 4) Sistema de conducción que puede estar formado por conductos abiertos o cerrados y sus estructuras, a través del cual se conduce el agua desde el punto de derivación hasta la zona de aprovechamiento
- 5) Sistema de distribución, el cual se constituye de acuerdo con el fin específico del aprovechamiento
- 6) Utilización directa del agua, la cual se efectúa también a través de elementos específicos del fin que se trate, por ejemplo, turbinas en caso de plantas hidroeléctricas, tomas domiciliarias en caso de abastecimiento, etc.
- 7) Eliminación de volúmenes sobrantes, los cuales se efectúan a través de sistemas de alcantarillado en el caso de abastecimiento, drenes en caso de sistemas de riego, estructura de desfogue en caso de plantas hidroeléctricas, etc.



**Fig. 1.1 Elementos de un aprovechamiento**

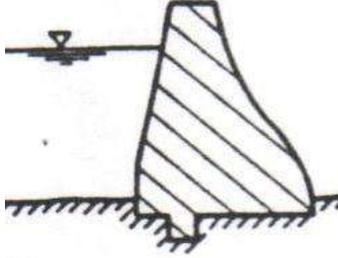
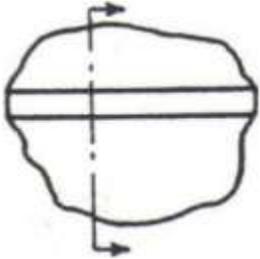
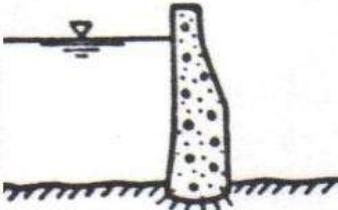
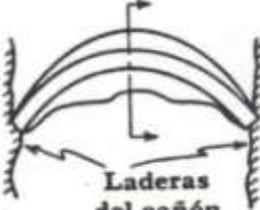
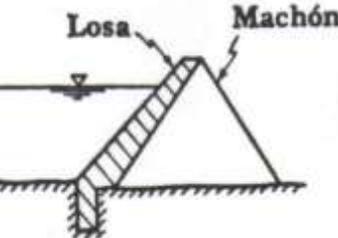
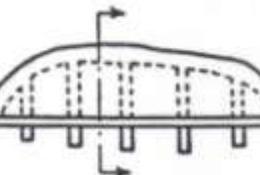
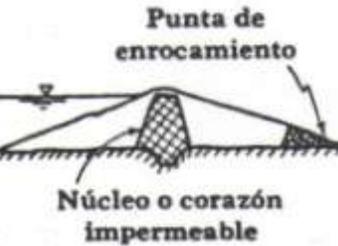
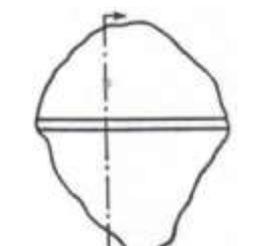
La presa está formada por la cortina, obra de desvío, obra de toma, obra de control y obra de excedencias.

Se entiende por cortina, una estructura que se coloca atravesada en el lecho de un río, como obstáculo al flujo del mismo, con objeto de formar un almacenamiento o una derivación . Tal estructura debe ser estable y relativamente impermeable.

Pueden clasificarse con referencia a su altura, su propósito y el tipo de construcción y los materiales que la constituyen.

La siguiente tabla describe de manera breve los tipos de cortina:

**CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS**

<b>TIPO</b>	<b>MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>SECCIÓN TRANSVERSAL TÍPICA</b>	<b>PLANTA</b>
Gravedad	Concreto, mampostería de segunda		
Arco	Concreto		
Machones	Concreto (también madera y acero)		
Terraplenes de materiales graduados	Tierra Roca		

**Tabla 1.2 Tipos básicos de cortinas**

**1.6 Selección de la Obra de Excedencias**

El tamaño hidráulico y las características de descarga de la Obra de Excedencias, es determinado, mediante el gasto de diseño y dimensiones que se le quiera dar a la estructura de control.

Entonces un diseño en particular de la obra de excedencias puede ser desarrollado bajo la consideración de la topografía, las condiciones de la cimentación y la estructura de control que considere más conveniente.

Las condiciones del sitio influyen considerablemente en la selección del sitio, tipo y componentes de la obra de excedencias: la pendiente del terreno por donde pasa la estructura de control, el canal

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

de descarga, el tipo y volumen de excavación y la posibilidad de usar el material producto de esto último como material para la construcción de la cortina, la permeabilidad, la capacidad de carga de la cimentación, la estabilidad de los taludes de la excavación, etc.

La adopción de un tamaño particular para cada uno de los componentes de la obra de excedencias puede influir en la selección del resto.

La obra de excedencias puede ser parte integral de la cortina, en el caso de las cortinas de concreto, o pueden ser una estructura separada, en cortinas de material suelto. En algunos casos puede combinarse como una estructura de descarga común, con las obras de toma, o incluidas dentro del plan de derivación al río por economía.

El plan final dependerá del estudio económico del conjunto, y de la eficiencia hidráulica y estructural.

### ***1.7 Tipos de Obra de Excedencia***

Se clasifican de acuerdo con sus características más importantes, ya sea con respecto al sistema de control, al canal de descarga o a sus componentes. Con frecuencia se clasifican en descarga controlada y/o libre, según lleve o no compuertas.

Una clasificación de acuerdo a su vertedor o estructura de control se describe a continuación:

#### ***1.7.1 Obras de caída libre***

Están asociadas a cortinas de arco o de contrafuertes (ver tabla 1.2), donde el espesor del concreto y la geometría general no sean favorables para guiar la vena líquida desde la cresta hasta la parte inferior; si la roca de cimentación es resistente a la erosión, el agua se puede dejar caer libremente sin protección; pero en caso contrario se debe prever alguna estructura para disipar energía cinética del agua y amortiguar el impacto.

#### ***1.7.2 Obras con caída en rápida***

Se localizan en una sección reducida de la cortina de tipo gravedad (ver tabla 1.2), sobre la cual se permite el paso del flujo del agua.

La cresta se forma para ajustarse a la vena líquida en las condiciones de descarga máxima. Si la roca de cimentación es compacta y de buena calidad, la parte inferior de la descarga se puede diseñar como una cubeta de lanzamiento o salto de esquí; si la cimentación es erosionable se requerirá de la construcción de un tanque amortiguador.

#### ***1.7.3 Obras con tiro vertical***

Tienen una entrada de embudo que conecta a un túnel en cuyo extremo inferior puede existir una estructura de lanzamiento o una disipadora de energía.

Esta forma de vertedor se adapta a presas con embalses muy encañonados, gastos relativamente pequeños y que el agua que fluya a través de ellos este libre de objetos que pueda obstruirlos.

#### ***1.7.4 Obras con descarga directa a un canal***

Están asociados a cortinas de tierra, tierra y enrocamiento o concreto (ver tabla 1.2), cuando por alguna razón en particular no conviene que éstas sean vertedoras.

## ***CAPÍTULO 1. LOCALIZACIÓN DE LA OBRA DE EXCEDENCIAS***

---

Se considera buena práctica de ingeniería no ubicar este tipo de vertedores sobre cortinas de tierra o tierra y enrocamiento (ver tabla 1.2), debido a que están sometidas a algún grado de asentamiento después de terminada la construcción; éstos podrían provocar movimientos verticales y agrietamientos en el canal de descarga del vertedor. El agua que fluye en dichas descargas puede adquirir velocidades del orden de 40 o 50 m/s dependiendo del desnivel, la pendiente y la rugosidad del canal. Con estas velocidades, cualquier desalineamiento de los planos de revestimiento puede provocar una presión hidrostática en la cara inferior de la losa y levantarla, trayendo como consecuencia el colapso de la estructura y del resto de las estructuras que forman una presa.

### ***1.7.5 Obras con canal lateral***

Estos vertedores tienen la particularidad de que el eje del canal de descarga es paralelo o casi paralelo al eje de la sección vertedora, la cual también lo es a la dirección de la corriente.

Los elementos que lo conforman se pueden mencionar como sigue: acceso, sección de control, canal colector, canal de descarga y estructura terminal. Generalmente, están asociados a cortinas de tierra o tierra y enrocamiento (ver tabla 1.2) construidas en ríos encañonados y con grandes avenidas, o donde se requieren grandes longitudes de cresta.